



**DEÜ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
FEN VE MÜHENDİSLİK DERGİSİ**  
Cilt: 11 Sayı: 31 Yıl: 2009



**İZMİR-MENDERES POMZA CEVHERİNİN BAZI TÜR  
MERMERLERİN AŞINDIRILMASINDA ABRASİV OLARAK  
KULLANIMI**

**(THE USE OF IZMİR-MENDERES PUMICE ORE AS AN ABRASIVE FOR  
ABRADING OF SOME MARBLES)**

**Ece Kılınç AKSAY\*, Ali AKAR\*\*, İlknur CÖCEN\*\*, Turgay ONARGAN\*\***

**ÖZET/ABSTRACT**

Bu araştırmada, aşındırıcı (abrasiv) olarak İzmir-Menderes yöresi pomza cevherinin kullanılmasıyla, Muğla Beyaz ve Ege Bej mermerlerinin aşındırılabilirliği araştırılmıştır. Menderes pomzasının, benzer kimyasal özellikte ancak farklı mineralojik yapıda ve sertlikteki mermerlerin aşındırılmasında abrasiv olarak kullanılabileceği belirlenmiştir. Sınıflandırılmış Menderes pomza cevheri kullanılarak her iki mermer örneğine yapılan aşındırma testlerinde, Menderes pomza cevherinin optimum tane boyutunun  $-0,5+0,3$  mm fraksiyonu olduğu belirlenmiştir. Muğla Beyaz mermer örneğine göre daha sert olan Ege bej mermer örneğinin, sınıflandırılmış Menderes pomza cevheri ile aşındırılmasıyla kalınlık ve hacim azalması yönünden daha düşük aşınma kaybı değerleri elde edilmiştir.

*In this research, it has been investigated that Menderes (Izmir) pumice ore can be used as an abrasive for abrading of Mugla white and Ege Beige marbles. It was found that the abrading of marbles possessed to similar chemical properties but different mineralogical structures and hardness scales were provided by Menderes pumice used as abrasive. It was determined that the optimum particle size fraction was  $-0,5+0,3$  mm according to the results of abrading tests carried out with classified Menderes pumice ore. Low loss with abrading scales in terms of reducing of thickness and volume were produced due to the abrading of Ege Beige samples having more hardness to Mugla White with classified pumice ore.*

**ANAHTAR KELİMELELER/KEYWORDS**

Menderes Pomza cevheri, Muğla Beyaz mermer, Ege Bej mermer, Aşındırma, Abrasiv

*Menderes pumice ore, Muğla white marble, Ege beige marble, Abrading, Abrasive*

---

\*DEÜ Torbalı Meslek Yüksekokulu, 35860, İzmir, Türkiye

\*\*DEÜ Maden Mühendisliği Bölümü, 35160, İzmir, Türkiye

## 1. GİRİŞ

Aşındırıcı sanayide kullanılan doğal abrasivleri genel olarak; elmas, korund, zımpara, stavrolit, garnet gibi sertlik derecesi 7'den fazla olan çok sert abrasivler; kalsedon, çört, kuvars, kuvarsit, kumtaşı, perlit, pomza, feldspat, bazalt, granit gibi sertlik derecesi 5,5-7 arasında olan orta-sert abrasivler ve kalsit, apatit, tebeşir, kil, diatomit, dolomit, talk gibi sertlik derecesi 5,5'den küçük olan düşük sertlikteki abrasivler olarak üç ayrı gruba ayırmak mümkündür (DPT, 2001).

Mermer aşındırma-cilalama, adım adım daha ince aşındırıcı taneleri kullanarak mermer yüzeyinin aşamalı düzeltilmesi ve parlatılmasını ifade etmektedir (Görgülü & Ceylanoğlu, 2001). Mermer işlemeciliğinde en yaygın kullanılan aşındırıcı malzemeler silisyum karbür ve alüminyum oksittir (Onargan vd., 2005). Son yıllarda özellikle granit işletmeciliğinde sentetik elmaslı aşındırıcılar da yaygın olarak kullanılmaktadır (Ceylanoğlu & Görgülü, 2001b; Görgülü vd, 2008). Mermer işletmeciliğinde aşındırma ve cilalama işlemlerinin toplam üretim (işleme) maliyeti içindeki payı çalışma koşullarına bağlı olarak %10-30 arasında değişmekte (Görgülü ve Ceylanoğlu, 2001, Ceylanoğlu & Görgülü, 2001b) ve hatta %40'a (Güzel & Gündüz, 2001) kadar çıkabilmektedir. Aşındırıcı malzemenin sertliği, tane iriliği, şekli ve bileşimi gibi mermerin cila alma kalitesini doğrudan etkileyen parametreler yanında aşındırılan malzemenin özellikleri, malzemeye uygulanan basınç ve aşınma süresi de aşındırmada önemli etkenlerdir (Sarışık & Şahin, 1997; Ceylanoğlu & Görgülü, 2001a). Aşınmayı oluşturan hareketler; kayma, yuvarlanma veya kaymalı yuvarlanma şeklinde olabilmektedir (Sarışık & Şahin, 1997). Son yıllarda, mermer sektöründe de mermerlerin yüzey pürüzlülüğünün giderilmesi ve parlatılmasıyla da pomza tozunun aşındırıcı olarak kullanımı gündeme gelmiştir (Sarışık & Şahin, 1997; Aksay, 2005).

Pomza, amorf alüminyum silikat olarak tanımlanıp, volkanik faaliyetler sonucu oluşmuş, oldukça gözenekli ve camsı yapıda bir kayadır (Sarıiz & Nuhoğlu, 1992). Asidik (beyaz veya kirli beyaz renkli) ve bazik (kahverengi veya siyah renkli) olmak üzere iki çeşit pomza vardır. Pomzadaki gözenekler, genellikle bağlantısız boşluktur. Bu nedenle oldukça hafif (genellikle  $<1 \text{ gr/cm}^3$ ) ve permeabilitesi (geçirgenliği) düşüktür. Gözenekler, düzensiz ve küresel, oval, uzamış boru şeklindedir (Geitgey, 1994). Yapısında, kimyasal olarak %75'e varan silis içeriği bulunabilmekte (Gündüz vd., 1998), bu özelliği ise pomzaya abrasiv özellik kazandırmaktadır (Özkan & Twicer, 2001). Fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklıdır. %45-70 arasında değişen değerlerde poroziteye sahip olan pomzanın, sudaki çözünürlüğü çok düşük olup, pH'sı 7 civarında ve toksik özellik göstermemektedir. Pomza, hidroflorik asit (HF) haricinde hiçbir asitle kimyasal tepkimeye girmemektedir. (Gündüz vd., 1998, Sezgin vd., 2005) Mohs sertlik ölçeğine göre 5-6 arasında sertliğe sahiptir (Chang, 2002). Pomza öğütüldüğünde konkoidal şeklinde kırılır. Sivri ve keskin kenarlara sahip pomzanın tane boyutunun daha da küçülmesi ile bu yapı bozulmaz (Anonim, 1977). İriden çok ince tane boyutlarına kadar farklı tane iriliklerine sahip pomza, abrasiv (aşındırıcı) sanayide yaygın olarak kullanılmaktadır. Orta sert olarak sınıflandırılan pomza, bu özelliklerinden dolayı doğal ve sentetik metalik olmayan hammaddelerin ve gümüş gibi yumuşak metallerin temizlenmesi ve parlatılmasında kullanılır (Anonim, 1977; Sarışık & Şahin, 1997; DPT, 2001; Aksay, 2005; Deniz, 2005; Sezgin vd., 2005).

Mermer sektöründe aşındırma-parlatma işlemi, çeşitli boyutlarda aşındırıcı ihtiva eden kalıpların kullanıldığı silme-cilalama makineleriyle yapılır. Aşındırmayla ilgili teknolojik araştırmalarda ise en çok uygulanan yöntem, yatay bir disk üzerinde aşındırma işleminin kuru yada sulu olarak yapılması şeklindedir. Aşındırıcı olarak, ya toz haldeki aşındırıcılar yada aşındırıcı kağıtları kullanılmaktadır. Numune düşey olarak bir tutma ünitesi tarafından

sabitlenmekte ve üzerine değişik mekanizmalarla yük uygulanmaktadır (Ceylanoğlu & Görgülü, 2001a)

Sarıışık & Şahin (1997) ile Güzel & Gündüz (2001) yaptıkları çalışmalarda, pomzanın mermer aşındırma-parlatmada direk aşındırıcı-parlatıcı olarak kullanılabileceği gibi, aşındırmada kullanılan abrasivlerin oluşturulmasında matriks yapı olarak da kullanılabileceğini tespit edilmişlerdir. Ayrıca Sarıışık & Şahin (1997), iri boyutlu pomza kullanımında mermer yüzeyindeki aşınma oranının, ince boyutlu pomza kullanımında ise yüzey parlaklığının arttığını gözlemişlerdir. Ayrıca pomzanın yumuşak karakteristik gösteren mermerlerde aşındırıcı malzeme olarak, sert karakteristik gösteren mermerlerde ise parlatmada kullanılabileceğini belirlemişlerdir. Pomzaya aşındırıcılık kazandıran minerallerin feldspat, piroksen, sanidin, sifen, mika, anfibol, camısı mineraller olduğunu, biyotit mineralinin ise parlaticılık özelliği kazandırdığını saptamışlardır.

Bu çalışmada, İzmir-Menderes pomzasının Muğla Beyaz ve Ege Bej mermer örneklerinin aşındırılmasında abrasiv (aşındırıcı) malzeme olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

## 2. MALZEME VE YÖNTEM

Pomza cevher numuneleri, Pomza Export San. ve Tic. A.Ş.'ye ait olan İzmir-Menderes yöresindeki pomza sahasından temin edilmiş, numuneler en alt tabakadan oluk numunesi şeklinde alınmıştır. Mermer numuneleri, İzmir-Karaburun'dan (Ege Bej) ve Muğla'dan (Muğla Beyaz) temin edilmiştir.

Muğla Beyaz ve Ege Bej mermer örneklerinin Menderes pomza cevheri kullanarak aşındırılabilirliği, sürtünme ile aşınma kaybı (Böhme) metodu ile saptanmış ve TS 699 (TS 699, 1987) standardına uygun olarak yapılmıştır. 71 x 71 x 71 mm boyutlarında kesilmiş mermer numunelerinin sürtünme ile aşınma kaybı, döner bir aşındırma diski olan Böhme yüzey aşındırma cihazı ile saptanmıştır. Mermer örneklerinin sürtünme ile aşınma kaybı, Böhme metodunda belirtilen, %70-80  $Al_2O_3$  (Korund),  $\leq 5\% SiO_2$ ,  $\leq Na_2O + K_2O + CaO + MgO$  ihtiva eden zımpara tozu ile sağlanmaktadır. Böhme metodunda kullanılan zımpara tozunun %10,28'i -0,212+0,106 mm, %81,37'si -0,106+0,063 mm, %8,35'i -0,063+0,038 mm tane boyutları arasındadır.

Bu çalışmada, aşındırıcı olarak kullanılan Menderes yöresi pomza cevheri, -2 mm tane boyutunun altına çeneli kırıcı ile kırılmıştır. Ardından -2+1 mm, -1+0,5 mm, -0,5+0,3 mm, -0,3+0,106 mm ve -0,106 mm tane boyutlarına sınıflandırılmıştır. Dar tane boyut aralıklarına sınıflandırılan pomza numuneleri, farklı özellikteki iki ayrı mermer örneğinin aşındırılmasında kullanılmış, mermer örneklerindeki aşınma kaybı, miktarsal ve hacimsel olarak hesaplanmıştır.

Böhme testi, boyutlandırılmış ve ölçümlendirilmiş mermer örneklerinin 750 mm çapında, mermer örneğine 30 kgf kadar yük etki edecek şekilde düzenlenmiş ve 30 dev/dk hızla dönen diske (Böhme yüzey aşındırma cihazı) yerleştirilip, her seferinde 20 gr aşındırıcı kullanılarak diskin her bir numune için 440 devir dönmesi ile tamamlanmıştır. Kullanılan aşındırıcının tipine ve tane boyutuna bağlı olarak yapılan her bir test, 5 ayrı numune için tekrarlanmış ve mermer örneklerindeki aşınma kaybı, her bir parametre için yapılan test sonuçlarının ortalaması alınarak miktarsal ve hacimsel olarak saptanmıştır.

Aşınma kaybı, kalınlık azalması yönünden (1) ve hacim azalması yönünden (2) aşağıda verilen formüller yardımıyla saptanmıştır.

$$d = d_0 - d_1 \quad (cm / 50cm^2) \quad \text{veya} \quad \Delta d = \frac{V_0 - V_1}{A} \quad (cm / 50cm^2) \quad (1)$$

$$\Delta V = (d_0 - d_1) \cdot 50 \quad (cm^3 / 50cm^2) \quad \text{veya} \quad \Delta V = \left( \frac{V_0 - V_1}{A} \right) \cdot 50 \quad (cm^3 / 50cm^2) \quad (2)$$

$\Delta d$  : Taşın Böhme yüzey aşınma kaybı değeri,  $cm / 50cm^2$

$d_0$  : Taşın deneyden önceki ortalama kalınlığı,  $cm$

$d_1$  : Taşın deneyden sonraki ortalama kalınlığı,  $cm$

$\Delta V$  : Taşın Böhme yüzey aşınma kaybı değeri,  $cm^3 / 50cm^2$

$V_0$  : Taşın deneyden önceki ortalama hacmi,  $cm^3$

$V_1$  : Taşın deneyden sonraki ortalama hacmi,  $cm^3$

$A$  : Taşın aşınma uygulana yüzünün alanı,  $cm^2$

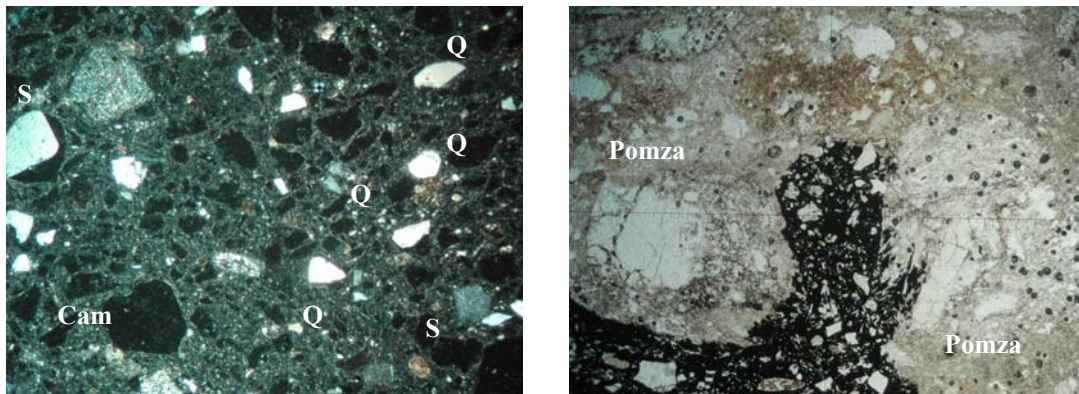
### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 3.1. Menderes Pomzasının ve Mermer Örneklerinin Yapısal Özellikleri

##### 3.1.1. Menderes Pomzasının Yapısal Özellikleri

İzmir-Menderes'den temin edilen pomza cevherinden alınan örneklerin mineralojik yapıları ince kesit ve XRD yöntemleri kullanılarak tespit edilmiştir.

İnce Kesit Yöntemi ile: Volkanizmanın ürünü olarak pomza, perlit ve riyolit ayrıca kristal kuvars, az miktarda plajiyoklas ve sanidin görülmektedir (Şekil 1). Tüm bileşenlerin (kaya parçası ve kristal olarak) aynı boyutta olduğu ayrıca tanelerde hafif yönlenme ve yuvarlaklaşma olduğu gözlenmiştir. Bu durum ise malzemenin bir yerden başka bir yere taşındığını göstermektedir. Kesitlerde killeşmiş malzeme yani çok ince boyutlu feldspatça zengin kül oranının yüksek olduğu gözlenmektedir.



Şekil 1. Menderes pomza cevherinin ince kesit görüntüleri  
(S=Sanidin, Q=Kuvars)

X-Işını Difraksiyonu (XRD) Yöntemi ile: Menderes pomzalarının XRD analizlerinden elde edilen mineralojik bulgular doğrultusunda kuvars, ortoklas ve az miktarda plajiyoklas, klorit, biyotit, kaolen minerallerini içerdiği ve camsı bir yapının hakim olduğu belirlenmiştir.

Menderes pomza cevherinin kimyasal analizleri yapılmış ve analiz sonuçları Çizelge 1’de sunulmuştur.

Çizelge 1. Menderes pomza cevherinin kimyasal kompozisyonu

Numune Tipi	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% CaO	% MgO	% Na <sub>2</sub> O	% K <sub>2</sub> O	% KK
Menderes Pomzası	74,10	13,00	1,28	0,64	0,26	1,76	3,85	4,99

KK:Kızdırma Kaybı

Menderes pomzası kırıldıktan sonra elek analizi yapılmış ve elek analiz ürünleri fraksiyonel olarak Olympus SZ61 marka binoküler mikroskopla incelenmiştir. Pomzanın mineralojik yapısı ve serbestleşme tane boyutları belirlenmiştir.

Mikroskobik bulgular: Beyaz görünümlü, aglomere olmuş iri boyutlu pomza tanelerinin ana bileşim minerali kuvars tanecikleri olup, tüfle bağlanmış durumdadır. Serbestlik derecesi -2 mm tane boyutunun altında artmaktadır. -2+1 mm tane boyutunda serbest kuvars %70, -1+0,5 mm tane boyutunda %75 oranında bulunmaktadır. -0,5+0,3 mm tane fraksiyonunda ise %80-85 oranında serbest kuvars bulunmaktadır. Gerisi ince kuvarsların tüfle bağlanmasından oluşan mikro aglomeratlar şeklindedir. Empürite mineraller, serbest manyetit, demir oksit ve mika taneleridir. -0,3+0,1 mm tane boyutunda serbest kuvars oranı %90’a çıkmakta, -0,1+0,38 mm tane boyutunda %60’a, -0,038 mm tane boyutunda ise %20-25’e düşmektedir.

### 3.1.2. Mermer Örneklerinin Yapısal Özellikleri

Muğla Beyaz ve Ege Bej mermer örneklerinin mineralojik özellikleri ince kesit yöntemiyle belirlenmiştir.

Muğla Beyaz numunesi: %99 kalsit, %1 opak minerallerden oluşmaktadır. Kalsit kristalleri orta-iri boyutlarda olup, metamorfizma sonucunda oluşan lamelli ikizlenmeler göstermektedir. Kayaçta granoblastik doku gözlenmektedir. Bu özellikleriyle kayaç orta kristalli mermer olarak adlandırılabilir.

Ege bej numunesi: Bolluk sırasına göre biyoklast, introklast ve pellet içeren vaketaşı (biyomikrit) fasiyesi ile karakterize edilir. Biyoklastlar; alg, ekinit, lamelli breş, gastropolden oluşur. İkincil düzensiz çatlaklıdır. Çatlaklar spar kalsit kristalleriyle doludur. Yersel ikincil breşik dokuya sahiptir. Breş kırıntıları arası mikrospar kalsit ile doludur.

Muğla Beyaz ve Ege Bej mermer örneklerinin kimyasal analizleri yapılmış ve analiz sonuçları Çizelge 2’de sunulmuştur.

Çizelge 2. Mermer örneklerinin kimyasal analizleri

Numune Tipi	% CaO	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% MgO	% Na <sub>2</sub> O	% K <sub>2</sub> O	% KK
Muğla beyaz	55,90	0,07	0,09	0,02	0,25	0,03	0,01	42,99
Ege Bej	55,63	0,25	0,14	0,08	0,35	0,03	0,02	43,07

KK:Kızdırma Kaybı

Muğla Beyaz ve Ege Bej mermer örneklerinin bazı fiziksel özellikleri saptanarak, sonuçları Çizelge 3’de sunulmuştur.

Çizelge 3. Mermer örneklerinin fiziksel özellikleri

Ürünler	Birim Hacim Ağırlığı, gr/cm <sup>3</sup>	Shore Sertliği	Mohs Sertliği	Porozite, %	Atm. Bas. Ağırlıkça Su Emme, %	Basınç Dayanımı, kgf/cm <sup>2</sup>
Muğla Beyaz	2,69±0,01	45,87±3,21	3	0,28±0,02	0,10±0,03	876±42
Ege bej	2,70±0,01	66,91±5,82	3-4	0,17±0,03	0,08±0,04	1230±51

### 3.2. Pomza Cevherinin Mermer Örneklerinin Aşındırmasında Kullanımı

Muğla Beyaz ve Ege Bej mermer örneklerin aşındırılmasında abrasiv olarak zımpara tozu ve sınıflandırılmış pomza cevherleri kullanılmıştır.

Çizelge 4’de Muğla Beyaz mermer örneklerinin zımpara tozu ve sınıflandırılmış pomza cevheri ile aşındırılması sonucu oluşan kütle değişimi, boyut değişimi ve hacim değişimi yüzdesel olarak verilmiş, sonuçları Şekil 2’de grafiksel olarak gösterilmiştir. Aynı örneklerin kalınlık azalması ( $\Delta d$ ) ve hacim azalması ( $\Delta V$ ) yönünden Böhme yüzey aşınma kaybı değerleri Çizelge 5’de verilmiş, sonuçları Şekil 3’de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4. Muğla Beyaz mermer örneklerinin aşındırma test sonuçları (%)

Abrasive Türü ve Tane İriliği, mm	Aşındırmadan Önce			Aşındırmadan Sonra			%Değişim		
	m, gr	h, cm	V, cm <sup>3</sup>	m, gr	h, cm	V, cm <sup>3</sup>	%m	%h	%V
Zımpara Tozu	988,24	7,18	367,74	934,05	6,79	347,60	5,48	5,48	5,48
Pomza, -2,0+1,0	990,16	7,19	367,83	983,54	7,15	365,78	0,67	0,56	0,56
Pomza, -1,0+0,5	981,67	7,17	364,93	972,07	7,12	362,59	0,98	0,64	0,64
Pomza, -0,5+0,3	932,92	6,99	346,97	890,00	6,69	331,92	4,60	4,34	4,34
Pomza, -0,3+0,1	985,94	7,15	366,21	954,18	6,93	354,77	3,22	3,12	3,12
Pomza, -0,1+0,0	990,34	7,14	367,07	979,80	7,09	364,50	1,06	0,7	0,7

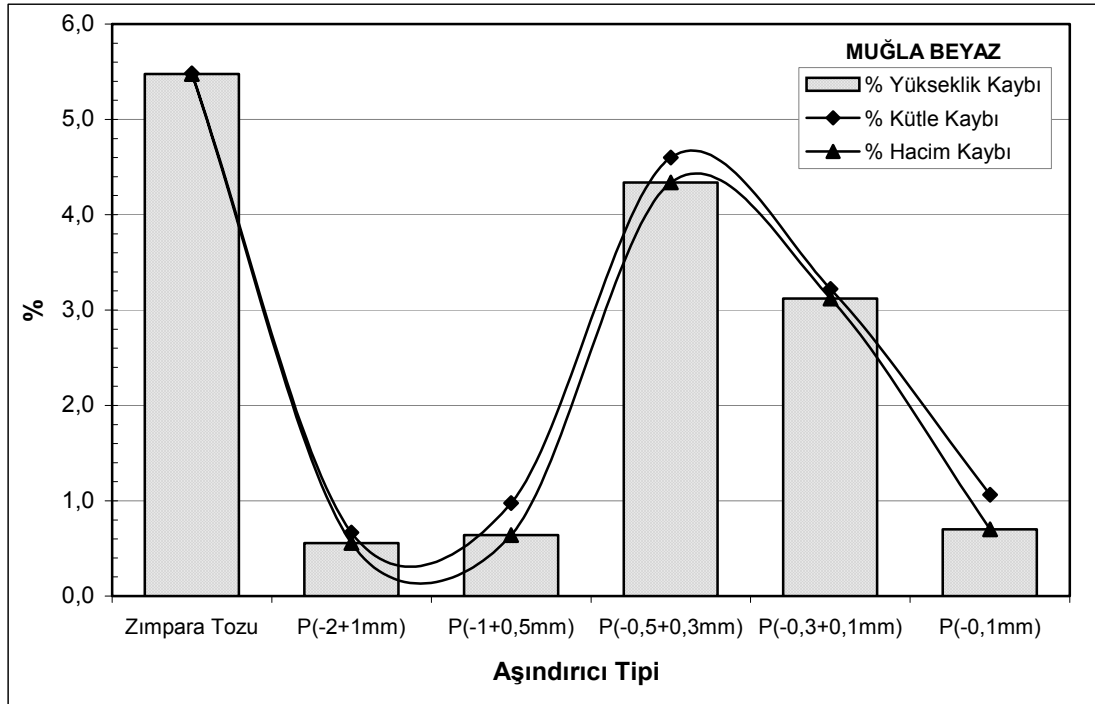
Çizelge 5. Muğla Beyaz mermer örneklerinin kalınlık ve hacim azalması yönünden Böhme yüzey aşınma kaybı değerleri

Abrasive Türü ve Tane İriliği, mm	$\Delta d$ , cm / 50cm <sup>2</sup>	$\Delta V$ , cm <sup>3</sup> / 50cm <sup>2</sup>
Zımpara Tozu	0,40	20,14
Pomza, -2,0+1,0	0,04	2,05
Pomza, -1,0+0,5	0,05	2,33
Pomza, -0,5+0,3	0,30	15,05
Pomza, -0,3+0,1	0,23	11,43
Pomza, -0,1+0,0	0,05	2,57

Muğla Beyaz mermer örneklerinin Böhme yüzey aşındırma cihazında zımpara tozu kullanarak yapılan aşındırma işlemi sonucunda, örneklerin kütlelerinde, yüksekliğinde ve hacminde %5,48 oranında bir kayıp olduğu bulunmuştur. Böhme yüzey aşınma kaybı

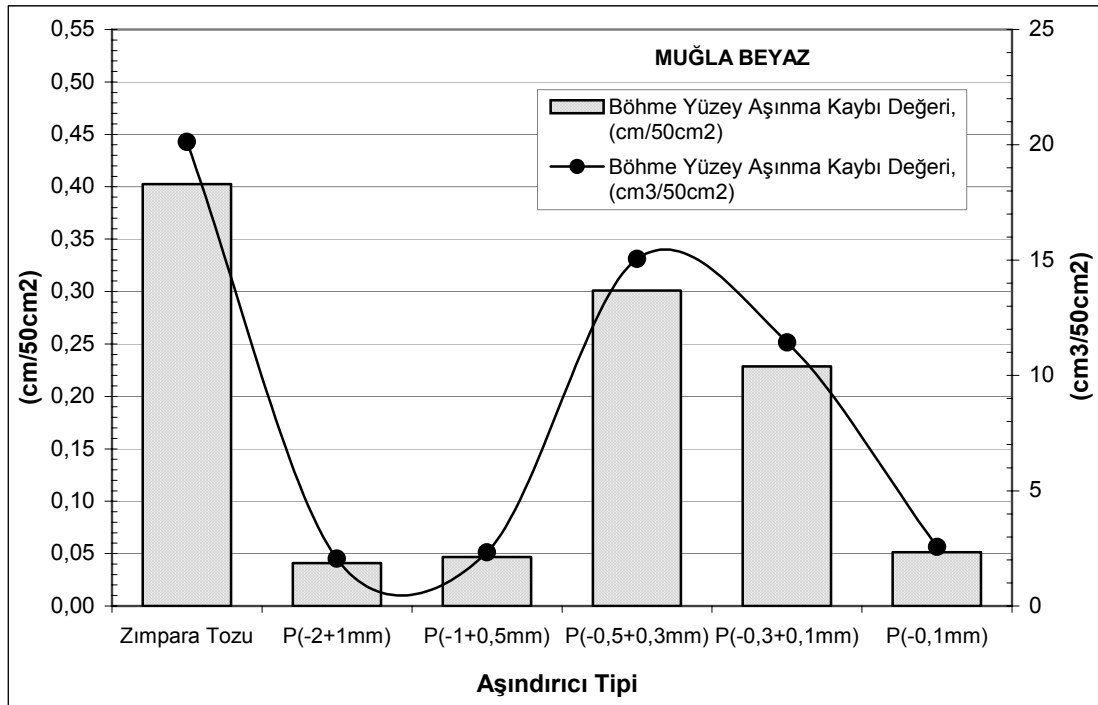
değerinin ise kalınlık ( $\Delta d$ ,  $cm/50cm^2$ ) ve hacim azalması yönünden ( $\Delta V$ ,  $cm^3/50cm^2$ ) değerlendirildiğinde sırasıyla 0,4  $cm/50cm^2$  ve 20,14  $cm^3/50cm^2$  olduğu belirlenmiştir.

Muğla Beyaz mermer örneklerinin Böhme yüzey aşındırma cihazında sınıflandırılmış pomza cevheri kullanarak yapılan aşındırma işlemi sonucunda, gerek kütle, yükseklik ve hacimlerdeki yüzdesel değişim gerekse Böhme yüzey aşınma kaybı değeri yönünden en fazla aşınma, -0,5+0,3 mm tane boyutuna sınıflandırılmış pomza cevherinin kullanılması durumunda gerçekleşmiştir. Bu durumda, %4,60 oranında kütle kaybı, %4,34 oranında yükseklik kaybı ve %4,34 oranında hacim kaybı olurken, Böhme yüzey aşınma kaybı değerinin kalınlık azalması olarak 0,3  $cm/50cm^2$ , hacim azalması olarak ise 15,05  $cm^3/50cm^2$  olduğu belirlenmiştir. -2+1 mm, -1+0,5 mm ve -0,1 mm tane boyutlarına sınıflandırılmış pomza cevherlerinin aşındırıcı olarak kullanılması durumunda ise mermer örneklerindeki kütle, yükseklik ve hacimlerdeki yüzdesel değişiminin az, kalınlık ve hacim azalması yönünden aşındırma kaybı değerinin oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. -0,3+0,1 mm tane boyutuna sınıflandırılmış pomza numunesinin kullanılması durumunda ise -0,5+0,3 mm tane fraksiyonundan daha az, -2+1 mm, -1+0,5 mm ve -0,1 mm tane fraksiyonlarından çok daha fazla aşınma sağlanmıştır.



Şekil 2. Muğla Beyaz mermer örneklerinin aşındırma test sonuçları (%)

Çizelge 6'da Ege Bej mermer örneklerinin zımpara tozu ve sınıflandırılmış pomza cevheri ile aşındırılması sonucu oluşan kütle değişimi, boyut değişimi ve hacim değişimi yüzdesel olarak verilmiş, sonuçları Şekil 4'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Aynı örneklerin kalınlık azalması ( $\Delta d$ ) ve hacim azalması ( $\Delta V$ ) yönünden Böhme yüzey aşınma kaybı değerleri Çizelge 7'de verilmiş, sonuçları Şekil 5'de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. Muğla Beyaz mermer örneklerinin kalınlık ve hacim azalması yönünden Böhme yüzey aşınma kaybı değerleri

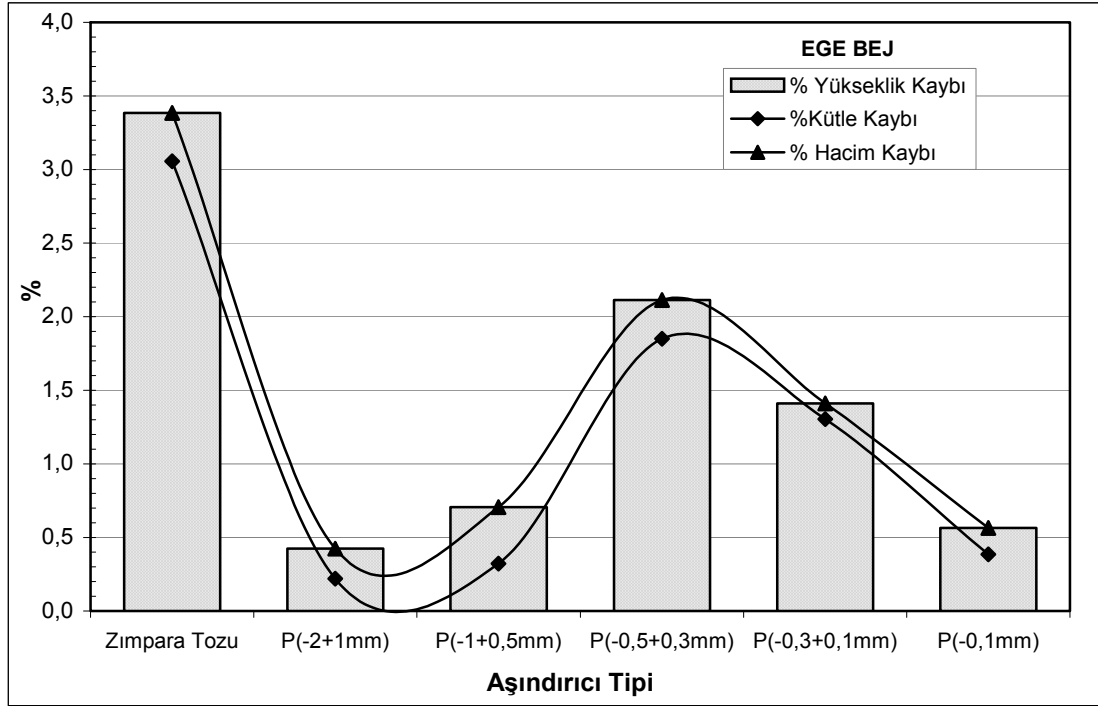
Çizelge 6. Ege Bej mermer örneklerinin aşındırma test sonuçları (%)

Abrasive Türü ve Tane İriliği, mm	Aşındırmadan Önce			Aşındırmadan Sonra			%Değişim		
	m, gr	h, cm	V, cm³	m, gr	h, cm	V, cm³	%m	%h	%V
Zımpara Tozu	951,40	7,09	354,29	922,32	6,85	342,29	3,06	3,39	3,39
Pomza, -2,0+1,0	951,61	7,07	355,97	949,52	7,04	354,46	0,22	0,42	0,42
Pomza, -1,0+0,5	951,16	7,08	356,27	948,10	7,03	353,75	0,32	0,71	0,71
Pomza, -0,5+0,3	954,79	7,10	357,63	937,12	6,95	350,07	1,85	2,11	2,11
Pomza, -0,3+0,1	953,64	7,09	356,34	941,20	6,99	351,32	1,30	1,41	1,41
Pomza, -0,1+0,0	952,27	7,08	354,21	948,60	7,04	352,21	0,39	0,56	0,57

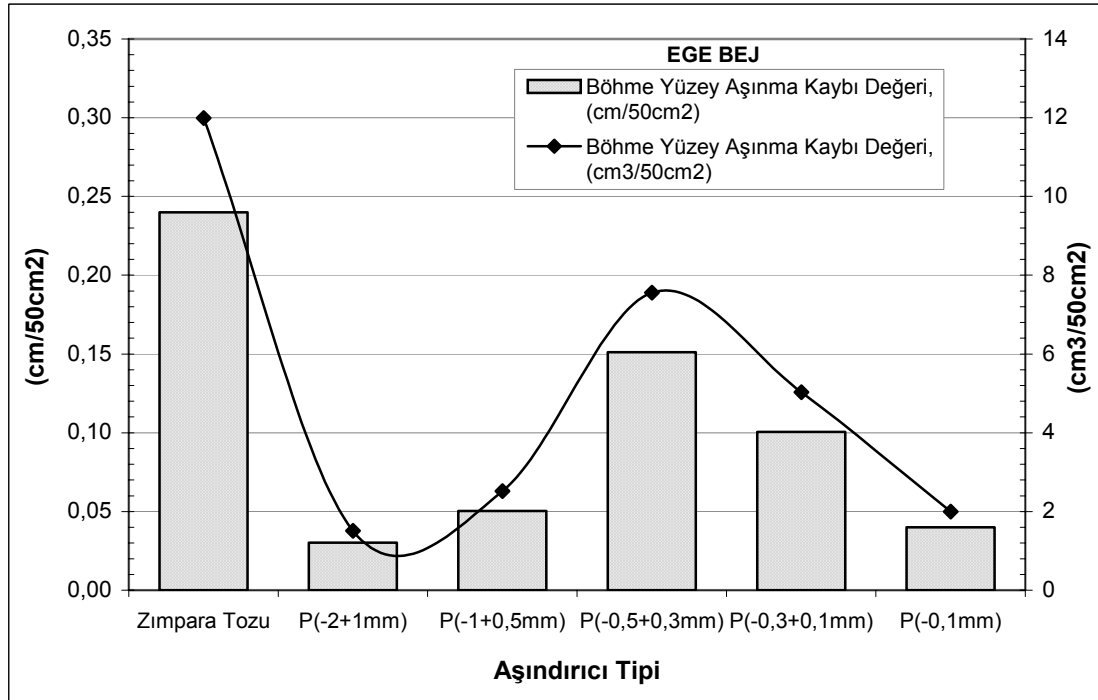
Çizelge 7. Ege Bej mermer örneklerinin kalınlık ve hacim azalması yönünden Böhme yüzey aşınma kaybı değerleri

Abrasive Türü ve Tane İriliği, mm	$\Delta d$ , cm / 50cm <sup>2</sup>	$\Delta V$ , cm <sup>3</sup> / 50cm <sup>2</sup>
Zımpara Tozu	0,24	11,99
Pomza, -2,0+1,0	0,03	1,51
Pomza, -1,0+0,5	0,05	2,52
Pomza, -0,5+0,3	0,15	7,56
Pomza, -0,3+0,1	0,10	5,03
Pomza, -0,1+0,0	0,04	2,00





Şekil 4. Ege Bej mermer örneklerinin aşındırma test sonuçları (%)



Şekil 5. Ege Bej mermer örneklerinin kalınlık ve hacim azalması yönünden Böhme yüzey aşınma kaybı değerleri

Ege Bej mermer örneklerinin Böhme yüzey aşındırma cihazında zımpara tozu kullanarak yapılan aşındırma işlemi sonucunda, örneklerin kütlelerinde %3,06 oranında, yüksekliğinde ve hacminde %3,39 oranında bir kayıp olduğu bulunmuştur. Böhme yüzey aşınma kaybı değerinin ise kalınlık ( $\Delta d$ , cm/50cm<sup>2</sup>) ve hacim azalması yönünden ( $\Delta V$ , cm<sup>3</sup>/50cm<sup>2</sup>) değerlendirildiğinde sırasıyla 0,24 cm/50cm<sup>2</sup> ve 11,99 cm<sup>3</sup>/50cm<sup>2</sup> olduğu belirlenmiştir.

Sınıflandırılmış pomza cevherinin Ege Bej mermer örneklerinin aşındırılmasında kullanılması sonucunda, hem kütle, yükseklik ve hacimlerdeki yüzdesel değişim hem de Böhme yüzey aşınma kaybı değeri yönünden en fazla aşınmanın  $-0,5+0,3$  mm tane boyutunda gerçekleştiği saptanmıştır. Bu fraksiyondaki pomza cevheri ile %1,85 oranında kütle kaybı, %2,11 oranında yükseklik kaybı ve hacim kaybı sağlanmış, kalınlık ve hacim azalmasının sırasıyla  $0,15 \text{ cm}/50\text{cm}^2$ ,  $7,56 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$  olduğu belirlenmiştir.  $-0,3+0,1$  mm tane fraksiyonlu pomza cevherinin kullanılması ile  $-0,5+0,3$  mm tane fraksiyonundan daha az,  $-2+1$  mm ve  $-1+0,5$  mm ve  $-0,1$  mm tane fraksiyonlarından çok daha fazla aşınma sağlanmıştır.

Muğla Beyaz mermer örneğine göre daha sert olan Ege bej mermer örneğinin, gerek zımpara tozu ile gerekse sınıflandırılmış pomza cevheri ile aşındırılmasıyla elde edilen değerlerin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Menderes pomza cevherinin Muğla Beyaz ve Ege Bej mermerlerinin aşındırılmasında abrasiv olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada deneysel bulgular aşağıda sunulmuştur.
- Menderes pomza cevherinin kuvars, ortoklas ve az miktarda plajiyoklas, klorit, biyotit, kaolen minerallerini içerdiği ayrıca cevherde camsı bir yapının hakim olduğu belirlenmiştir.
- Menderes pomza cevherinin %74,10  $\text{SiO}_2$ , %13  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , %1,28  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , %0,64  $\text{CaO}$ , %0,26  $\text{MgO}$ , %1,76  $\text{Na}_2\text{O}$ , %3,85  $\text{K}_2\text{O}$  tenör değerlerine sahip olduğu bulunmuştur.
- Menderes pomzasının serbestleşme derecesinin  $-2$  mm tane boyutu altında arttığı bulunmuştur. Serbest kuvars oranının en yüksek olduğu tane boyut aralıklarının  $-0,5+0,3$  mm ve  $-0,3+0,1$  mm olduğu saptanmıştır. Bu fraksiyonlardaki serbest kuvars oranının sırasıyla %80-85 ve %90 olduğu belirlenmiştir.
- Benzer kimyasal ancak farklı mineralojik yapılara sahip Muğla Beyaz ve Ege Bej mermer örneklerinin Shore sertlik değerlerinin sırasıyla 45,87 ve 66,91 olduğu saptanmıştır.
- Menderes pomza cevherinin Muğla Beyaz ve Ege Bej mermerlerinin aşındırılmasında abrasiv olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.
- Menderes pomza cevherinin Muğla Beyaz ve Ege Bej mermerlerinin aşındırılmasında optimum tane boyutunun  $-0,5+0,3$  mm tane aralığı olduğu belirlenmiştir.
- Zımpara tozu kullanarak Muğla beyaz ve Ege Bej mermerlerinde sırasıyla kalınlık azalması yönünden sırasıyla  $0,4 \text{ cm}/50\text{cm}^2$  ile  $0,24 \text{ cm}/50\text{cm}^2$ , hacim azalması yönünden ise sırasıyla  $20,14 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$  ile  $11,99 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$  değerleri sağlanmıştır.
- $-0,5+0,3$  mm tane boyutlu pomza cevheri kullanarak Muğla beyaz ve Ege Bej mermerlerinde sırasıyla kalınlık azalması yönünden sırasıyla  $0,3 \text{ cm}/50\text{cm}^2$  ile

0,15 cm<sup>3</sup>/50cm<sup>2</sup>, hacim azalması yönünden ise sırasıyla 15,05 cm<sup>3</sup>/50cm<sup>2</sup> ile 7,56 cm<sup>3</sup>/50cm<sup>2</sup> değerleri sağlanmıştır.

- Muğla Beyaz ve Ege Bej mermerlerinin aşındırılmasında -0,3+0,1 mm tane boyutlu pomza cevherinin kullanımı ile de aşınma sağlanmıştır. Ancak bu fraksiyonda elde edilen aşınma değerleri, -0,5+0,3 mm tane boyutlu pomza cevherinden elde edilenden daha az, -2+1 mm, -1+0,5 mm ve -0,1 mm tane boyutlu pomza cevherlerinden elde edilenlerden çok daha fazla olduğu bulunmuştur.
- Muğla Beyaz mermer örneğine göre daha sert olan Ege bej mermer örneğinin, gerek zımpara tozu ile gerekse sınıflandırılmış pomza cevheri ile aşındırılmasıyla elde edilen aşınma değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Aksay Kılınç, E., (2005): İzmir-Menderes Yöresi Pomza Cevherinin Kullanımına Yönelik Teknolojik Özelliklerinin Araştırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s278, İzmir.
- Anonim, (1977): "Pumice, A Dual Role in Industry", Industrial Minerals, p.15-27.
- Ceylanoğlu, A., Görgülü, K., (2001a): "Bazı Mermer Birimlerinin Malzeme ve Yüzey Aşındırma Özelliklerinin ve Aralarındaki İlişkilerin Belirlenmesi", (Ed.) E.Ünal, B.Ünver, E.Tezcan, Türkiye 17.Uluslararası Madencilik Kongresi, s.239-246, Ankara.
- Ceylanoğlu, A., Görgülü, K., (2001b): "Zile Bej ve Gök mermer birimleri için birim yüzey aşındırma ve cilalama maliyet analizi", Madencilik, s.28-38.
- Chang, L.L.Y., (2002): "Industrial Mineralogy", Minerals, Processes and Uses, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Deniz, V., (2005): "Pomzanın Ufalanma Özelliği ve Çok İnce Pomzanın Kullanımı", (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, 2. Pomza Sempozyumu, s.51- 61, Isparta.
- DPT, (2001): "Genel Endüstri Mineralleri IV, Bentonit, Barit, Diatomit ve Aşındırıcılar", 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Çalışma Grubu Raporu, s.59-64, DPT: 2621-ÖİK 632, Ankara.
- Geitgey, R.P., (1994): "Industrial Minerals and Rocks", 6. th Edition, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. Littleton, p.803-813, Colorado.
- Görgülü, K., Ceylanoğlu, A., (2001 a): "Bazı Mermer Birimlerinde Değişik Koşullarda Gerçekleştirilen Laboratuvar Yüzey Aşındırma Deney Sonuçları ve Değerlendirilmesi", (Ed.) E.Ünal, B.Ünver, E.Tezcan, Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi, s.229-238, Ankara.
- Görgülü, K., Ceylanoğlu, A., Durutürk, Y.S., Arpaz E., (2008): "Değişik Mermer Birimlerinin Sürekli Aşındırma ve Cilalama Aşamalarında Pürüzlülük ve Parlaklıklarının İncelenmesi", (Ed.) M.Ersoy, L.Yeşilkaya, A.L.Dinçer, Türkiye 6. Mermer ve Doğaltaş Sempozyumu, s.413-422, Afyonkarahisar.
- Gündüz, L., Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ. ve Çankıran, O. (1998): "Pomza Teknolojisi (Pomza Karakterizasyonu)", (Ed.) L.Gündüz, Cilt 1, s.285, Isparta.
- Güzel, Ö., Gündüz, L., (2001): "Mermer Silim Hatlarında Kullanılan Silim Taşları-Alternatif Matriks Form Analizi", Türkiye 3. Mermer ve Doğaltaş Sempozyumu, s.249-263, Afyonkarahisar.

- Onargan, T., Köse, H., Deliormanlı, A. (2005): “Mermer”, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, No:95, ISBN 975 395 847-1, İzmir.
- Özkan, Ş. G., Twicer, G., (2001): “Pomza Madenciliğine Genel Bir Bakış”, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, s.200-207, İzmir.
- Sarıışık, A., Şahin, B., (1997): “Isparta Pomzasının Aşındırma-Parlatma Karakteristiğinin İrdelenmesi”, 1. Isparta Pomza Sempozyumu, s.53-61, Isparta.
- Sarıöz K., Nuhoglu İ. (1992): “Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciliği”, Anadolu Üniversitesi Yayını, Eskişehir.
- Sezgin, M., Davraz, M., Gündüz, L., (2005): “Pomza Endüstrisine Sektörel Bakış”, (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, 2. Pomza Sempozyumu, Isparta.
- TS 699, (1987): “Yüzey Kaplama Taşlarında Yapılan Fiziksel, Kimyasal ve Jeomekanik Testlerin Yapılışı”, Ankara.